



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102449896 B

(45) 授权公告日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201080024079. 1

代理人 马永利 卢江

(22) 申请日 2010. 04. 01

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H02M 7/44 (2006. 01)

61/211649 2009. 04. 01 US

审查员 颜汇

61/267192 2009. 12. 07 US

61/304036 2010. 02. 12 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 12. 01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/029623 2010. 04. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/114995 EN 2010. 10. 07

(73) 专利权人 内克斯特罗尼克斯公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 P. F. 格尔哈丁格 D. R. 费尔特纳

R. L. 阿什顿 R. J. 西蒙斯

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

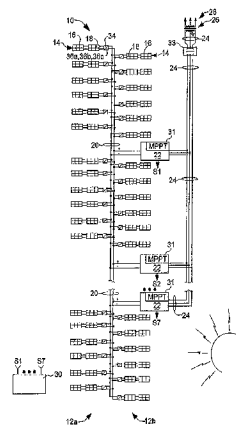
权利要求书3页 说明书11页 附图13页

(54) 发明名称

并网太阳能系统和方法

(57) 摘要

一种并网系统包括:多个太阳能电池板;多个逆变器,其中每一个逆变器与至少其中一个太阳能电池板电气通信以便将直流电转换成交流电,其中每一个逆变器具有活动状态和非活动状态,并且至少其中一个逆变器包括用以跟踪至少其中一个太阳能电池板的最大功率点的跟踪组件;以及控制器,其与至少其中一个逆变器通信,以便在活动状态与非活动状态之间选择性地切换所述至少其中一个逆变器。



1. 一种用于包括多个太阳能电池板串的太阳能电池阵的并网系统,每个所述太阳能电池板串包括串联连接的多个太阳能电池板以用于产生直流电功率输出,包括:

DC 总线,用于从所述太阳能电池板接收所述直流电功率输出;

沿所述 DC 总线的长度间隔开的多个断路器;每个所述断路器布置在所述 DC 总线和相关联的一个所述太阳能电池板串之间,以便在它们之间提供有选择的电气通信;

多个逆变器,其中每一个所述逆变器具有与所述 DC 总线进行电气通信的输入端以及用于将所述直流电功率输出转换成交流电功率输出的输出端,其中每一个所述逆变器具有活动状态和非活动状态,并且所述逆变器包括用以跟踪至少一个所述太阳能电池板的最大功率点的最大功率点跟踪器,每一个所述逆变器的输入端通过布线直接连接到所述 DC 总线;以及

控制器,其与所述逆变器通信,以便在保持至少一个所述逆变器处于活动状态的同时在活动状态与非活动状态之间选择性地切换其他所述逆变器,以便将所述交流电功率输出最大化并降低所述并网系统中的电力损失,所述控制器响应于所述太阳能电池板的所述直流电功率输出超过在活动状态工作的所述逆变器的收集能力,将处于非活动状态的另一个逆变器切换到所述活动状态,所述另一个逆变器的最大功率点跟踪器确定所述另一个逆变器的操作的最大功率点,以便在处于活动状态的所有其他所述逆变器每个工作在相关联的最大电流点时调节所述 DC 总线的工作电压。

2. 根据权利要求 1 的并网系统,还包括布置在至少一个所述太阳能电池板与所述 DC 总线之间的箝位电路,以便限制至少一个所述太阳能电池板两端的电压。

3. 根据权利要求 2 的并网系统,其中,所述箝位电路包括双刀双掷开关和晶闸管中的至少一个,以便将所述电路切换到短路状况。

4. 根据权利要求 1 的并网系统,还包括电力变压器,其与电网和所述逆变器通信以便接收来自所述逆变器的交流电功率输出并且将所述交流电功率输出的电压逐步增加以与电网的电压相匹配。

5. 根据权利要求 4 的并网系统,还包括每一个所述逆变器的输出端和变压器的输入端之间的电气通信的交流电总线,以便从所述逆变器向所述变压器输送交流电功率输出。

6. 根据权利要求 1 的并网系统,其中,所述逆变器执行“扰动和观测”例程,以便跟踪至少一个所述太阳能电池板的最大功率点。

7. 根据权利要求 1 的并网系统,其中,所述逆变器向所述控制器输送反馈信号,所述反馈信号代表所述逆变器的操作特性,并且其中所述控制器基于对所述反馈信号的分析而在活动状态与非活动状态之间切换所述逆变器。

8. 一种并网系统,包括:

太阳能电池阵,其包括彼此并行电气通信的多个电池板串,其中每一个所述电池板串包括多个串联连接的太阳能电池板;

直流电总线,其与每一个所述电池板串电气通信,以用于从所述太阳能电池板接收直流电功率输出;

沿所述直流电总线的长度间隔开的多个断路器;每个所述断路器布置在所述直流电总线和相关联的一个所述电池板串之间,以在它们之间提供有选择的电气通信;

多个逆变器,每一个逆变器具有与直流电总线电气通信的输入端,以便接收由所述太

太阳能电池阵生成的直流电功率输出并且将所述直流电功率输出转换成交流电功率输出,其中每一个所述逆变器具有活动状态和非活动状态,并且所述逆变器包括跟踪至少一个所述太阳能电池板的最大功率点的最大功率点跟踪器,所述逆变器的每一个的输入端通过布线直接连接到所述直流电总线;以及

控制器,其与每一个所述逆变器通信,以便接收来自每一个所述逆变器的反馈信号并且基于对每一个反馈信号的分析而在保持至少一个所述逆变器处于活动状态的同时在活动状态与非活动状态之间切换其他所述逆变器,其中每个所述反馈信号包括关于相关联的一个逆变器的操作特性的信息,所述控制器响应于所述太阳能电池板的所述直流电功率输出超过工作在活动状态的所述逆变器的收集能力,将处于非活动状态的另一个逆变器切换到所述活动状态,所述另一个逆变器的最大功率点跟踪器确定用于操作所述另一个逆变器的最大功率点以便在处于活动状态的所有其他所述逆变器每个工作在相关联的最大电流点时调节所述直流电总线的工作电压。

9. 根据权利要求 8 的并网系统,还包括布置在所述直流电总线与至少一个所述电池板串之间的箝位电路,以便限制由至少一个所述电池板串生成的电压。

10. 根据权利要求 8 的并网系统,还包括电力变压器,其与电网和所述逆变器通信以便接收来自所述逆变器的交流电功率输出并且将所述交流电功率输出的电压逐步增加以与所述电网的电压相匹配。

11. 根据权利要求 10 的并网系统,其中,所述变压器包括对于每一个所述逆变器的单独的阻抗平衡初级绕组。

12. 根据权利要求 8 的并网系统,其中,至少一个所述逆变器执行“扰动和观测”例程,以便定位至少一个所述太阳能电池板的最大功率点。

13. 根据权利要求 8 的并网系统,其中,所述直流电总线总体上呈环状。

14. 一种控制并网系统的方法,所述方法包括以下步骤:

提供多个连接到 DC 总线的太阳能电池板,并产生从所述太阳能电池板到所述 DC 总线的直流电功率输出,所述太阳能电池板在多个太阳能电池板串中被串联连接;

提供沿所述 DC 总线的长度间隔开的多个断路箱;每个所述断路箱布置在所述 DC 总线和相关联的一个所述太阳能电池板串之间,以便在它们之间提供有选择的电气通信;

提供多个逆变器,其中每一个所述逆变器与所述 DC 总线电气通信以便接收直流电功率输出并且将所述直流电功率输出转换成交流电功率输出,其中每一个所述逆变器具有活动状态和非活动状态,并且所述逆变器包括跟踪至少一个所述太阳能电池板的最大功率点的最大功率点跟踪器,每一个所述逆变器的输入端通过布线直接连接到所述 DC 总线;

生成包括关于所述逆变器的操作特性的信息的反馈信号;

分析反馈信号;以及

在至少一个所述逆变器处于活动状态的同时响应于对反馈信号的分析而在活动状态与非活动状态之间切换其他所述逆变器,控制器响应于所述太阳能电池板的所述直流电功率输出超过工作在所述活动状态的所述逆变器的收集能力,将处于非活动状态的另一个所述逆变器切换到所述活动状态,另一个所述逆变器的最大功率点跟踪器确定操作所述另一个逆变器的最大功率点以便在处于活动状态的所有其他所述逆变器每个工作在相关联的最大电流点时调节所述直流电总线的工作电压。

15. 根据权利要求 14 的方法,还包括以下步骤:提供与每一个所述逆变器电气通信的交流电总线,以便接收所述交流电功率输出。

16. 根据权利要求 14 的方法,还包括对所述交流电功率输出进行变换以便与电网的电压相匹配的步骤。

17. 根据权利要求 14 的方法,其中,至少一个所述逆变器执行“扰动和观测”例程,以便定位至少一个所述太阳能电池板的最大功率点。

## 并网太阳能系统和方法

### [0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求保护对于以下申请的优先权：2009年4月1日提交的美国临时申请序列号 61/211,649；2009年12月7日提交的美国临时申请序列号 61/267,192；以及2010年2月12日提交的美国临时申请序列号 61/304,036。每一项前述申请都被全文合并在此以作参考。

### 技术领域

[0003] 本发明总体上涉及用于发电的太阳能电池板(solar panel)。更具体来说,本发明针对一种用于把由多个太阳能电池板生成的电流并入电网系统中的并网逆变器系统以及用于对其进行控制的方法。

### 背景技术

[0004] 光伏(PV)电池阵是太阳能电池板(模块)的联结集合,其由通过光伏效应将光能转换成直流电(DC)的多个互连的太阳能电池制成。但是大多数商业和住宅电力应用需要通常通过由发电设施利用煤炭、核材料或者水提供的交流电(AC)。在生成交流电时,发电设施将所生成的交流电输送到电网系统中。

[0005] 为了使得大多数商业和住宅用户利用由太阳能电池板生成的电力,来自太阳能电池板的直流电通常被变换成交流电。这是通过被称作逆变器的电气器件而实现的,其输出随后被并入电网系统。接着,通过电网系统将交流电配送到商业和住宅地点。

[0006] 当前在美国,传统的太阳能电池板串(string)(其例如由碲化镉(CdTe)或非晶硅构成)包括串联布线的六个太阳能电池板,其中每一个这样的太阳能电池板串固有地操作在近似 372 VDC 的电压下,其中操作电流为 0.87 安培。随后将一组串联太阳能电池板串并联布线以形成一行,其中一组所述行形成产生所期望的总电流的太阳能电池阵(solar array)。

[0007] 一般来说,关于一般公众的电气安全性,对于公众的暴露受到美国国家电气规范(NEC)的管制,其中人们不应当进来接触超过 42 伏特(V)的电压,并且设施不应当具有高于 600V 的电压。因此,许多组件(例如电线、保险丝和开关)被额定于高达并包括 600V 极限的操作。

[0008] 另一方面,美国国家电气安全规范(NESC)管制发电和配电设施,其中这样的设施中的熟练工人可能会暴露于可能超出 600 伏特的高压。

[0009] 虽然已经做了许多工作来通过太阳能电池板生成直流电并且随后将直流电逆变成交流电以便并入电网,但是太阳能工业仍然受到与通过逆变器将太阳光能量转换成可用交流电相关联的总体低功率效率比的阻碍。

[0010] 希望开发出一种将太阳能电池阵并入电网的并网系统以及一种控制并网系统的方法,其中所述系统和方法通过选择性地激活系统的逆变器而使得低光级条件下的能量收获以及系统可靠性得到最大化。

## 发明内容

[0011] 依照并根据本发明,令人吃惊地发现了一种用于将太阳能电池阵并入电网的并网系统以及一种控制并网系统的方法,其中所述系统和方法通过选择性地激活系统的逆变器而使得低光级条件下的能量收获以及系统可靠性得到最大化。

[0012] 在一个实施例中,一种并网系统包括:多个太阳能电池板;多个逆变器,其中每一个逆变器与至少其中一个太阳能电池板电气通信以便将直流电转换成交流电,其中每一个逆变器具有活动状态(active state)和非活动状态(inactive state),并且至少其中一个逆变器包括用以跟踪至少其中一个太阳能电池板的最大功率点的跟踪组件;以及控制器,其与至少其中一个逆变器通信,以便在活动状态与非活动状态之间切换所述至少其中一个逆变器。

[0013] 在另一个实施例中,一种并网系统包括:太阳能电池阵,其包括彼此并行电气通信的多个电池板串,其中每一个电池板串包括多个太阳能电池板;与每一个串联布线的电池板串电气通信的直流电传导总线;多个逆变器,其与直流电总线环电气通信以便接收由太阳能电池阵生成的直流电并且将直流电转换成交流电,其中每一个逆变器具有活动状态和非活动状态,并且至少其中一个逆变器跟踪至少其中一个太阳能电池板的最大功率点;控制器,其与每一个逆变器通信,以便接收来自每一个逆变器的反馈信号并且基于对每一个反馈信号的分析而在活动状态与非活动状态之间切换至少其中一个逆变器,其中反馈信号包括关于相关联的其中一个逆变器的操作特性的信息。

[0014] 本发明还包括控制并网系统的方法。

[0015] 一种方法包括以下步骤:提供多个太阳能电池板;提供多个逆变器,其中每一个逆变器与至少其中一个太阳能电池板电气通信以便从其接收直流电并且将直流电转换成交流电,其中每一个逆变器具有活动状态和非活动状态,并且至少其中一个逆变器跟踪至少其中一个太阳能电池板的最大功率点;生成包括关于至少其中一个逆变器的操作特性的信息的反馈信号;分析反馈信号;以及响应于对反馈信号的分析而在活动状态与非活动状态之间切换至少其中一个逆变器。

## 附图说明

[0016] 当根据附图考虑时,从下面对于优选实施例的详细描述,本领域技术人员将会容易认识到本发明的上述和其他优点,其中:

[0017] 图 1A 是根据本发明的一个实施例的并网系统的示意性表示;

[0018] 图 1B 是图 1A 的并网系统的俯视图;

[0019] 图 1C 是图 1A 的并网系统的透视图;

[0020] 图 2 是图 1A — 1C 的并网系统的串联串的示意性表示;

[0021] 图 3 是图 1A — 1C 的并网系统的断路箱的示意性表示;

[0022] 图 4 是图 1A — 1C 的并网系统的第一箱位电路的示意性表示;

[0023] 图 5 是图 1A — 1C 的并网系统的第二箱位电路的示意性表示;

[0024] 图 6 是图 1A — 1C 的并网系统的第三箱位电路的示意性表示;

[0025] 图 7 是在“一个太阳”照度期间的太阳能电池板的电气特性的图形表示;

- [0026] 图 8 是在变化照度期间的太阳能电池板的电气特性的图形表示；
- [0027] 图 9 是图 1A — 1C 的并网系统的电气特性的图形表示，其示出了多个逆变器的动态切换；
- [0028] 图 10 是根据本发明的另一个实施例的并网系统的示意性表示；
- [0029] 图 11 是根据本发明的另一个实施例的并网系统的示意性表示；
- [0030] 图 12A 是图 11 的并网系统的变压器的透视图；以及
- [0031] 图 12B 是图 12A 的变压器的侧面立视图。

## 具体实施方式

[0032] 下面的详细描述和附图描述并说明了本发明的各个实施例。该描述和附图用来使得本领域技术人员能够制作及使用本发明，而不意图以任何方式限制本发明的范围。关于所公开的方法，所给出的步骤实质上是示例性的，并且因此各步骤的顺序不是必要的或者关键的。

[0033] 图 1A — 1C 和 2 图示了根据本发明的一个实施例的用于收获太阳能的并网系统 10（其也被称作并网太阳能系统或并网光伏（PV）系统）。如所示，系统 10 包括两个部分 12a、12b，其中每一个部分都包括多个行 14，其中各行 14 被共同地称为太阳能电池阵。作为一个非限制性实例，每一行 14 包括多个串联串 16。

[0034] 如图 2 中更加清楚地示出的那样，每一个串 16 包括串联布线在一起的多个太阳能电池板 18。构成每一行 14 的各串 16 并联布线在一起。在某些实施例中，每一串 16 包括六个串联布线的太阳能电池板 18，以便近似操作在 372 VDC 的电压、0.87 安培的操作电流和 500 VDC 的开路电压下。在某些实施例中，每一串 16 包括八个串联布线的太阳能电池板 18，以便近似操作在 496 VDC 的电压、1.16 安培的操作电流和 672 VDC 的开路电压下。在某些实施例中，每一串 16 包括十个太阳能电池板 18，以便近似操作在 620 VDC 的电压、2.03 安培的电流和 840 VDC 的开路电压下。应当理解的是，可以使用任意数目的串 16 和电池板 18 来形成太阳能电池阵。

[0035] 作为一个非限制性实例，每一个部分 12a、12b 包括四十四行 14，每一行 14 包括二十个串 16，并且每一串 16 包括八个太阳能电池板 18。相应地，系统 10 包括八十八行 14，其中每一行 14 包括一百六十个电池板 18。但是，除非以其他方式表明，否则本发明不受电池阵部分 12a、12b、行 14、串 16 或电池板 18 的数目或配置的限制。

[0036] 系统 10 还包括与每一串 16 电气通信的直流电传导总线 20（DC 总线），与 DC 总线 20 电气通信的多个逆变器 22，其中每一个逆变器 22 具有活动状态和非活动状态，与其中每一个逆变器 22 电气通信的交流电传导总线 24（AC 总线）；与 AC 总线 24 通信以便从其接收交流电并且逐步增加 AC 输出电压以匹配 AC 电网 28 的配电线的电力变压器 26，以及与至少其中一个逆变器 22 通信以便在活动状态与非活动状态之间选择性地切换所述至少其中一个逆变器 22 的控制器 30。

[0037] 在图 1A — 1C 中所示的实施例中，DC 总线 20 基本上是非线性的。但是，可以使用诸如环状之类的其他配置。每一行 14 在并联配置中电气连接到 DC 总线 20，以便通过该 DC 总线 20 输送 DC 电流。但是，可以使用其他电气配置。

[0038] 逆变器 22 电气耦合到 DC 总线 20 以便接收 DC 电流（输入），并且把 DC 电流转换成

输出 AC 电流,其中 AC 电流被输送到 AC 总线 24。在某些实施例中,从 DC 总线 20 到每一个逆变器 22 的 DC 输入的连接不超过十英尺(三米),并且从每一个逆变器 22 的输出到 AC 总线 24 的布线是通过近似十英尺的“引出端(pig tail)”线缆。但是,可以使用逆变器 22、DC 总线 20 和 AC 总线 24 之间的利用任何长度的布线的任何配置。

[0039] 作为一个非限制性实例,至少其中一个逆变器 22 包括最大功率点跟踪器(MPPT) 31,以便跟踪至少其中一个太阳能电池板 18 的最大功率点。应当理解的是,MPPT 31 可以是用以调节逆变器的设定的任何类型的控制电路、器件或逻辑,以便搜索最大功率点并且允许至少其中一个逆变器 22 提取可从相关联的器件(即行 14、串 16、电池板 18 等等)获得的最大功率。

[0040] 逆变器 22 在按需的基础上被利用来转换 DC 输入并且输送输出功率。通过控制器 30(例如可编程逻辑控制器(PLC))在活动状态与非活动状态之间选择性地切换任意数目的逆变器 22。作为一个非限制性实例,控制器 30 通过一个或多个 RS485 串行通信协议连接器(S1 — S7)与每一个逆变器 22 进行信号通信。可以使用其他连接器和协议。作为另一个非限制性实例,每一个逆变器 22 包括用于进行热管理的进气口 32。

[0041] AC 总线 24 基本上是线性的。但是,可以使用其他配置。每一个逆变器 22 在并联配置中电气连接到 AC 总线 24,以便通过 AC 总线 24 输送 AC 电流。但是,可以使用其他电气配置。

[0042] AC 总线 24 包括将 AC 电流传导到变压器 26 的接触器/断路器 33。应当理解的是,可以使用其他开关和继电器来把 AC 电流传导到变压器 26。变压器 26 逐步增加输入电压,从而使得 AC 输出电压与 AC 电网 28 的配电线匹配。此外,变压器 26 将逆变器 22 与 AC 电网 28 电绝缘,这提供针对孤岛效应的保护。虽然图 1A — 1C 中所示的实施例包括其中一个变压器 26,但是应当理解的是,可以使用任意数目的变压器 26。还应当理解的是,可以将变压器 26 电气集成在系统 10 中的任意位置处(例如负载侧)。

[0043] 作为一个非限制性实例,多个断路器 34 和多个箝位电路 36a、36b、36c 被布置在各行 14 与 DC 总线 20 之间。具体来说,每一个断路器 34 被布置在箝位电路 36a、36b、36c 的至少一个与 DC 总线 20 之间。应当理解的是,可以使用任意数目的断路器 34。

[0044] 如图 3 中更加清楚地示出的那样,每一个断路器 34 包括插入在箝位电路 36a、36b、36c 与 DC 总线 20 之间的双刀双掷开关 38。每一个断路器 34 包括多个保护器件。作为一个非限制性实例,断路器 34 通过多条保险丝  $F_1$ 、 $F_2$  提供过电流保护,并且通过多个金属氧化物变阻器 MOV1、MOV2 提供雷电保护。应当理解的是,将断路器 34 放置在每一行 14 的输出处会最小化如传统太阳能电池阵所需要的那样在每一个串联串 16 中布置保险丝的需求。还应当理解的是,断路器 34 允许在任意时间将任一行 14 从 DC 总线环 20 断开以供服务或维护。

[0045] 箝位电路 36a、36b、36c 中的至少一个可以被布置在行 14 与 DC 总线 20 之间,以便防止置于太阳能电池板 18 内的组件两端的高于 600 VDC 的电压(例如当 AC 电网 28 在晴天中间“停运”的情形)。一般来说,可以人工发起电压箝位以便例如对单独的其中一行 14 执行维护,或者当一行或多行 14 没有产生足够的 DC 输出时人工发起电压箝位。此外,还可以例如由控制器 30 自动命令箝位。应当理解的是,例如箝位电路 36a、36b、36c 可以被配置成将电压箝位到任何预定电压,比如 600 VDC 和 1000 VDC。



[0046] 图 4 图示了包括双刀双掷开关 40 的第一箝位电路 36a。在短路位置中,双刀双掷开关 40 的接触件将来自相关联的其中一行 14 的输出的传入正端子短路到传入负端子,以便把所述相关联的其中一行 14 置于短路状况下。所述短路状况例如保护电池板 18 的总体电路免于过电压状况。随后,当将要把所述相关联的其中一行 14 带回“联机(on-line)”时,(或者通过电气方式从控制器 30 或者通过机械装置)接收到用以切换开关 40 的控制信号,以便允许该行 14 的 DC 输出电流通过其中一个断路器 34 流到 DC 总线 20。

[0047] 图 5 图示了包括栅极关断(GTO)晶闸管 42 的第二箝位电路 36b,所述栅极关断(GTO)晶闸管 42 的尺寸被确定成适合于由其中一行 14 生成的 DC 电流  $I_{op}$  的量值。利用晶闸管 42 的栅极 G 上的控制信号(例如来自控制器 30),所述行 14 的输出如前面对于第一箝位电路 34a 所描述的那样被短路,但是在晶闸管 42 两端有 1 到 3 VDC 的电压降。相反,如果在栅极 G 上没有控制信号,则所述行 14 的 DC 电流输出被给到相关联的其中一个断路器 34 的输入。当晶闸管 42 导通时,二极管 D1 防止整个系统 10 通过 DC 总线环 20 短路,从而将可能损坏晶闸管 42。

[0048] 图 6 图示了包括与开关 40 非常相像的双刀双掷开关 44 的第三箝位电路 36c。但是,取代将相关联的其中一行 14 的传入输出的正端子直接短路到传入负端子,第三箝位电路 36c 包括布置在其间的电阻器 R。因此,第三箝位电路 36c 的功能类似于第一箝位电路 36a 的功能,但是在电阻器 R 两端存在电压降以便限制将从其流过的电流。随后,如果(例如从控制器 30 或通过机械装置)接收到控制信号,则双刀双掷开关 44 的接触件将所述行 14 的 DC 电流输出给到断路器 34 的输入。

[0049] 虽然看起来违反直观,但是在把其中一行 14 从向系统 10 提供电流断开时,更好的做法是使得太阳能电池板 18 短路而不是开路。因此,例如对各串 16 的其中一行 14 的箝位会最小化当所述串 16 经历开路状况时受到高于 600 VDC 的电压(这一点被涵盖在 NEC 下)的风险。

[0050] 但是,在只有熟练公用事业工人能够访问的完全安全的太阳能电池阵中,不需要保持 600 VDC 的最大电压。在这种情况下,应用 NESC 标准。此外,在世界上的其他地方(例如在欧洲),太阳能电池阵可能具有更高电压电平,比如高达 1000 VDC。因此,取决于太阳能电池的材料组成及其对较大电压的容限,可能不需要电压箝位。

[0051] 在使用中,系统 10 生成 DC 电流,其通过断路器 34 和箝位电路 36a、36b、36c 而被输送到逆变器 22。逆变器 22 将 DC 电流转换成输出 AC 电流,其通过 AC 总线 24 而被输送到变压器 26。变压器 26 对于所接收到的逆变器 22 的输出提供电绝缘和电压逐步增加(从标称 360V AC 到通常为 12500V AC 的配电电压)。在某些实施例中,变压器 26 对于每一个逆变器 22 提供单独的阻抗平衡初级绕组。

[0052] 应当理解的是,将来自每一个断路器 34 的累积操作电流通过 DC 总线 20 传导到被切换到“活动”状态的逆变器 22。具体来说,控制器 30 确定 DC 输出电流通过与逆变器 22 协作来回传递信息的路径,从而选择性地确定哪些逆变器 22 将被接通及关断。控制器 30 有效地将 DC 电流导向所选数目的逆变器 22 以便将 DC 电流变换到 AC 电流,从而最大化系统 10 的功率输出并且减少系统 10 内的功率损耗。被切换到“非活动”状态的逆变器 22 通常从 AC 总线 24 和 AC 电网 28 断开以便最小化静态损耗,从而最大化并网系统 10 的效率。

[0053] 图 7—8 图示了其中一个太阳能电池板 18 的典型电气特性的特性曲线 46,其中 I

是电流,  $V$  是电压,  $I_{sc}$  是短路电流,  $I_{op}$  是操作电流,  $V_{op}$  是操作电压,  $V_{oc}$  是开路电压, 并且  $P_{max}$  是最大功率点。具体来说, 图 7 示出了其中一个太阳能电池板 18 在“一个太阳”(即以其来额定传统太阳能电池板的标准)照度下的 IV (电流 / 电压) 曲线 48。应当理解的是, 在 IV 曲线上只存在一个点(即最大功率点), 在此处电压与电流的乘积(即功率)被最大化。作为一个非限制性实例, 操作电压( $V_{op}$ )比开路电压( $V_{oc}$ )更小大约 20%。

[0054] 图 8 图示了变化照度下的图 7 中所表示的相同的其中一个太阳能电池板 18 的图形表示 50。电流与太阳能级成正比地变化。但是开路电压保持恒定。多条 IV 曲线 52 当中的每一条具有一个点(即最大功率点), 该点处的电压与电流的乘积被最大化。

[0055] 当被带到连线时, 逆变器 22 利用分布式控制基于接收自相关联的一定数目的串 16 的 DC 功率来计算单独的最大功率点(MPP)。举例来说, 逆变器 22 基于传统的“扰动和观测”算法而被控制。当所连接的一定数目的串联串 16 的 DC 功率输出超出在特定时间所连接的逆变器 22 的总体容量时, 则控制器 30 将更多逆变器 22 切换到“活动”状态。接着, 被切换到“活动”状态的每一个逆变器 22 又确定被该特定的其中一个逆变器 22 所利用的单独 MPP, 同时把已经连线的各逆变器 22 的其他逆变器实质上留在其最大电流点  $I_{max}$  处。这样, 最后一个连线的逆变器 22 (通过 DC 总线 20)管制系统 10 的操作电压, 而其余的逆变器 22 继续逆变来自 DC 总线 20 的其对应部分的最大电流。其结果是, 每一个逆变器 22 在任何给定时间确定并安全地处理其自身的电流, 同时最小化传入电流的电阻性损耗。此外, 每一个逆变器 22 还提供其自身的抗孤岛效应保护。

[0056] 作为一个说明性实例, 图 9 示出了针对基于俄亥俄州的托莱多的夏日的逆变器 22 的动态切换的描绘。多条虚线代表对于每一个逆变器 22 的 85% 功率电平, 其中至少一对逆变器 22 成比例地共享负载。随着总体各行 14 的 DC 功率输出在一天之中改变, 可以在“活动”状态与“非活动”状态之间切换任意数目的逆变器 22 以便共享负载。

[0057] 与具有直接布线到单独各行的逆变器的传统太阳能电池阵相比, DC 总线 20 允许按照几乎等同的方式利用逆变器 22 的任意组合, 以便将各行 14 的总体 DC 输出电流逆变成被传导到 AC 总线 24 的 AC 电流。应当理解的是, 本发明的一个主要优点在于较高电压下的较低电流传输, 从而使得所需的布线和连接器件的规格最小化, 这随后又使得构造和维护成本最小化。

[0058] 作为一个非限制性实例, 所述串 16 包括 CdTe 串联布线的太阳能电池板 18 (其例如由亚利桑那州的菲尼克斯的 First Solar 公司制造), 并且具有大约 496 VDC 的标称操作电压以产生大约 575W 的功率。其中每一行 14 包括二十个串 16, 其中每一串 16 包括八个串联布线的电池板 18, 以便生成大约 23A DC 的电流和 11.5KW 的功率。因此, 将为变压器 26 给出 360 VAC 的三相电压, 其在变压器 26 的公用事业侧(即在电网 28 侧)被变换到 12470V/7200V 三相。应当理解的是, 系统 10 的输出与将给出 277 VAC 三相的传统的串联布线的六电池板不同。

[0059] 作为另一个实例, 在每一串 16 包括十个电池板 18 的情况下, 标称操作电压将是大约 620 VDC, 从而将产生大约 719W 的功率。在每一行 14 包括十六个串联串 16 的情况下, 输出电流将是大约 18.6A DC 并且功率将是 11.5KW。变压器 26 将给出 480 VAC 三相电压, 其在变压器 26 的公用事业(即电网 28)侧被变换到 12470V/7200V 三相。

[0060] 虽然前面的具体实例是针对 CdTe 串联串 16, 但是所提到的相同的趋势和极限对

于在串联 / 并联串 16、16' 中布线的任何类型的太阳能电池板 18 (比如非晶硅电池板) 都将存在。

[0061] 图 10 图示了根据本发明的另一个实施例的并网系统 100, 其也被称作并网太阳能系统或并网光伏(PV)系统, 除了本文下面所描述的那些之外所述并网系统 100 与系统 10 类似。如所示, 系统 100 包括两个部分 102a、102b, 其中的每一个都包括多行 104。作为一个非限制性实例, 每一行 104 包括多个串联串 106。每一串 106 包括串联布线在一起的多个太阳能电池板 108。构成每一行 104 的各串 106 被并联布线在一起。应当理解的是, 可以使用任意数目的串 106 和电池板 108 来形成太阳能电池阵。

[0062] 太阳能电池阵 100 还包括: 与每一个串联布线的电池板串 106 电气通信的直流电传导总线 110 (DC 总线), 与 DC 总线 110 相邻布置并且与之电气耦合的多个逆变器 112, 其中每一个逆变器 112 具有活动状态和非活动状态, 与每一个逆变器 112 电气通信的交流电传导总线 114 (AC 总线); 与 AC 总线 114 通信以便从其接收交流电并且逐步增加 AC 输出电压从而匹配 AC 电网 118 的配电线的电力变压器 116; 以及与至少其中一个逆变器 112 通信以便在活动状态与非活动状态之间选择性地切换所述至少其中一个逆变器 112 的控制器 120。

[0063] DC 总线 110 基本上呈环状。但是, 可以使用诸如环状之类的其他配置。其中每一行 104 在并联配置中电气连接到 DC 总线 110, 以便通过 DC 总线 110 输送 DC 电流。但是, 可以使用其他电气配置。

[0064] 逆变器 112 电气耦合到 DC 总线 110 以便接收 DC 电流 (输入) 并且把 DC 电流转换成输出 AC 电流。作为一个非限制性实例, 至少其中一个逆变器 112 包括最大功率点跟踪器 (MPPT) 121, 以便跟踪至少其中一个太阳能电池板 108 的最大功率点。应当理解的是, MPPT 121 可以是任何类型的控制电路或逻辑, 以便来搜索最大功率点并且允许至少其中一个逆变器 112 提取可从相关联的器件 (即行 104、串 106、电池板 108 等等) 获得的最大功率。

[0065] 逆变器 112 在按需的基础上被用来转换 DC 输入并且输送输出功率。在某些实施例中, 通过控制器 120 (例如可编程逻辑控制器 (PLC)) 在活动状态与非活动状态之间选择性地切换任意数目的逆变器 112。作为一个非限制性实例, 控制器 120 通过 RS485 串行通信协议连接器 (S1 - S8) 与每一个逆变器 112 进行信号通信。可以使用其他连接器和协议。应当理解的是, 通过把逆变器 112 居中定位在 DC 总线 110 的环内, 被用于逆变器 112 与 DC 总线 110 之间的互连的线材规格被最小化。

[0066] AC 总线 114 基本上呈马蹄状。但是, 可以使用诸如环状之类的其他配置。每一个逆变器 112 在并联配置中电气连接到 AC 总线 114, 以便通过 AC 总线 114 输送 AC 电流。但是, 可以使用其他电气配置。

[0067] AC 总线 114 包括将 AC 电流传导到变压器 116 的接触器 / 断路器 122。应当理解的是, 可以使用其他开关和继电器来把 DC 电流传导到变压器 116。变压器 116 逐步增加输入电压, 从而使得 AC 输出电压与 AC 电网 118 的配电线匹配。取代如传统太阳能电池阵所需的多个变压器 (即在每一个传统逆变器的输出上有一个变压器), 单个大效用率变压器 116 逐步增加 AC 输出电压, 以便匹配 AC 电网 118 的配电线。此外, 单个变压器 116 将逆变器 112 从 AC 电网 118 电绝缘, 从而提供针对孤岛效应的保护。

[0068] 作为一个非限制性实例, 多个断路器 124 和多个箝位电路 126a、126b、126c 被布置

在各行 104 与 DC 总线 110 之间。具体来说,每一个断路器 124 被布置在箝位电路 126a、126b、126c 的至少一个与 DC 总线 110 之间。应当理解的是,可以使用任意数目的断路器 124。应当理解的是,将断路器 124 放置在每一行 104 的输出处会最小化如传统太阳能电池阵所需要的那样在每一个串联串 106 中布置保险丝的需求。还应当理解的是,断路器 124 允许在任意时间将任一行 104 从 DC 总线环 110 断开以供服务或维护。

[0069] 箝位电路 124a、124b、124c 可以被布置在行 104 与 DC 总线 110 之间,以便防止置于太阳能电池板 108 内的组件两端的高于 600 VDC 的开路电压,比如当 AC 电网 118 在晴天的中间“停运”时的情况。一般来说,可以人工发起电压箝位以便例如对单独一行执行维护,或者当其中一行 104 没有产生足够的 DC 输出时人工发起电压箝位。此外,还可以例如由控制器 120 自动命令箝位。在某些实施例中,断路器被布置在箝位电路 124a、124b、124c 与 DC 总线 110 之间。

[0070] 在使用中,太阳能电池板 108 响应于暴露于太阳能量而生成 DC 电压。至少其中一个逆变器 112 感测所生成的 DC 电压的存在并且吸取电流,从而导致至少其中一个太阳能电池板 108 的 DC 电压下降。在非常快的时间线上(例如每两秒),所述至少一个逆变器 112 执行“扰动和观测”例程以便定位至少其中一个太阳能电池板 108 的最大功率点。应当理解的是,“扰动和观测”例程可以包括改变电压并且测量结果所得到的电流的改变。还应当理解的是,可以使用任何“扰动和观测”例程或算法。一旦确定最大功率点之后,所述至少其中一个逆变器 112 就通过保持电压与电流比而“锁定”到该最大功率点,这在传统上被称作最大功率点跟踪。逆变器 112 将 DC 电流转换成输出 AC 电流,其被输送到变压器 112。变压器 116 对所接收到的逆变器 112 的输出提供电绝缘和电压逐步增加(从标称 360V AC 逐步增加到通常为 12500V AC 的配电电压)。在某些实施例中,变压器 116 对于每一个逆变器 112 提供单独的阻抗平衡初级绕组。

[0071] 图 11 图示了根据本发明的另一个实施例的太阳能电池阵 200,其也被称作并网太阳能系统或并网光伏(PV)系统。并网系统 200 包括多个太阳能电池板 202 (其例如被串联安排以形成太阳能串)。在某些实施例中,各太阳能电池板 202 并联连接到 DC 总线 204,并且与多个逆变器 206 电气通信。应当理解的是,可以使用任意数目的太阳能电池板 202 和逆变器 206。还应当理解的是,可以使用任意电气配置。作为一个非限制性实例,太阳能电池板 202 和逆变器 206 以类似于系统 10 或系统 100 的配置的配置来安排。

[0072] 逆变器 206 电气耦合到太阳能电池板 202 以便接收 DC 电流(输入)并且把 DC 电流转换成输出 AC 电流。作为一个非限制性实例,至少其中一个逆变器 206 包括最大功率点跟踪器(MPPT) 207,以便跟踪至少其中一个太阳能电池板 202 的最大功率点。应当理解的是,MPPT 207 可以是任何类型的控制电路或逻辑,以便搜索最大功率点并且允许至少其中一个逆变器 206 提取可从相关联的器件(即任意数目的太阳能电池板 202)获得的最大功率。

[0073] 如所示,电路 208 被插入在至少其中一个太阳能电池板 202 与至少其中一个逆变器 206 之间。作为一个非限制性实例,电路 208 包括断路器(未示出),其类似于系统 10 的断路器 34。作为另一个非限制性实例,电路 208 包括箝位电路(未示出),其类似于系统 10 的箝位电路 36a、36b、36c 的其中一个。应当理解的是,可以使用任意数目的电路 208。

[0074] 逆变器 206 在按需的基础上被用来转换 DC 输入并且输送输出功率。在某些实施例中,通过控制器 209 (例如可编程逻辑控制器(PLC))在活动状态与非活动状态之间选

择性地切换任意数目的逆变器 206。

[0075] 如所示,并网系统 200 还包括耦合到每一个逆变器 206 的输出的至少一个变压器 210。作为一个非限制性实例,变压器 210 是 delta-ye 绝缘变压器,其具有多个电气并联的 delta 初级绕组和 ye 次级绕组。每一个 delta 初级绕组电气耦合到其中一个逆变器 206 的 AC 输出,并且次级绕组电气耦合到配电线。在某些实施例中,变压器 210 类似于在美国临时专利申请序列号 61/267,192 中所示出并描述的公用事业变压器。

[0076] 图 12A 和 12B 图示了根据本发明的一个实施例的变压器 210。如所示,变压器 210 是 delta-ye 绝缘变压器,其具有多个电气并联的 delta 初级绕组和 ye 次级绕组。每一个 delta 初级绕组通过多个初级连接器 214 中的至少一个电气耦合到其中一个逆变器 206 的 AC 输出。次级绕组通过多个次级连接器 216 中的至少一个电气耦合到配电线。应当理解的是,逆变器、变压器以及配电线到电网之间的各种电气连接可以提供各种逐步增加的变换。

[0077] 在使用中,太阳能电池板 202 响应于暴露于太阳能量而生成 DC 电压。至少其中一个逆变器 206 感测所生成的 DC 电压的存在并且吸取电流,这导致至少其中一个太阳能电池板 202 的 DC 电压下降。在预定时间线上(例如每两秒),所述至少一个逆变器 206 执行“扰动和观测”例程以便定位太阳能电池板 202 的最大功率点。应当理解的是,扰动和观测例程可以包括改变电压并且测量结果所得到的电流的改变。还应当理解的是,可以使用任何扰动和观测例程或算法。一旦确定最大功率点之后,所述至少其中一个逆变器 206 就通过保持电压与电流比而“锁定”到该最大功率点,这在传统上被称作最大功率点跟踪。

[0078] 在某些实施例中,响应于预定的和可变的功率电平在“按需”的基础上将逆变器 206 从非活动状态切换到活动状态。在理想情况下,只有其中一个逆变器 206 管理整个系统 200 的最大功率点,正如前面所描述的那样。控制器 209 选择性地将其中一个逆变器 206 (其被称作主逆变器 212)切换到活动状态。作为一个非限制性实例,每一个逆变器 206 包括与控制器 209 通信的嵌入组件(例如控制电路),以便向控制器 209 输送具有与相关联的其中一个逆变器 206 的操作特性或历史有关的信息的反馈信号。作为另一个实例,所述反馈信号包括与以下各项有关的信息:逆变器“联机时间”;逆变器模式(其可从控制器 209 进行控制,所示逆变器模式包括最大功率点跟踪模式或特定电流输出);电流输出读数;DC 电压输入读数;AC 电压输入读数;逆变器所经历的错误/故障;年初至今所产生的功率;以及所产生的功率(以月、日、小时、分钟等计)。应当理解的是,为了建立对于逆变器的选择的分层结构 14,控制器 209 查询每一个逆变器 206,接收来自其的反馈信号,并且分析由反馈信号所代表的信息以便从所查询的各逆变器 206 当中选择主逆变器。通常来说,控制器 209 被预先编程为选择具有最低“联机时间”的其中一个逆变器 206。但是,控制器 209 可以被编程为基于任何参数或分析来选择主逆变器 212。

[0079] 一旦被选择之后,主逆变器 212 就是在预定时间段内管理对于系统 200 的最大功率点的其中一个逆变器 206。当各逆变器 206 中的附加逆变器(其被称作非主逆变器 213)被切换到活动状态时,附加的非主逆变器 213 吸取电流;但是主逆变器 212 继续跟踪太阳能电池板 202 的最大功率点。

[0080] 作为一个非限制性实例,管理最大功率点(MPP)的主逆变器 212 能够运行到 150KVA 的极限(在 240A 下)。主逆变器 212 被驱动直到达到 240A 极限的近似 80% 为止。在该点处,处于所述分层结构中的下一个非主逆变器 213(其通常是基于由控制器 209 进行的

查询而确定的)被切换到活动状态,并且被驱动到相关联的电流极限(240A)的近似 80%。应当理解的是,可以把电流或功率极限的任何百分比用作阈值。与此同时,主逆变器 212 被调节到 240 A 极限的近似 20%,以便维持对 MPP 的管理。主逆变器 212 继续跟踪最大功率点,直到主逆变器 212 再次被驱动到 240 A 极限的近似 80% 为止。在该点处,处于所述分层结构中的下一个非主逆变器 213 被切换到活动状态,并且被驱动到相关联的极限的近似 80%。主逆变器 212 继续管理 MPP,而各活动的非主逆变器 213 与主逆变器 212 协作来管理或“消化”可用电流。随着主逆变器 212 达到电流极限的近似 80%,其中一个活动的非主逆变器 213 (例如各逆变器 206 中将被激活的第二个逆变器)被驱动到电流极限的接近 100%,监测 MPP,并且通过改变至少其中一个非主逆变器 213 的输出来修改主逆变器 212 的电平。应当理解的是,在具有间歇云覆盖的一天中,太阳功率将在该天之中改变。相应地,引入一个时间常数或阈值以消除对于逆变器 206 的过多切换和开关。

[0081] 对“活动”逆变器 206 进行调节,以便接收 DC 电流,将 DC 电流转换成输出 AC 电流,以及将 AC 电流输送到变压器 210。变压器 210 将两项功能组合到一个封装中。变压器 210 的主要功能是对所接收到的逆变器 210 的输出提供电绝缘和电压逐步增加(从标称 360 VAC 逐步增加到通常为 12500 VAC 的配电电压)。变压器 210 的第二功能是为每一个逆变器 206 提供单独的阻抗平衡初级绕组。

[0082] 包括控制器 209 的并网系统 200 有效地“轮转”各逆变器 206,以便在系统 200 内的每一个逆变器 206 之间保持接近相等的运行小时。相应地,并网系统 200 和控制该系统 200 的方法:在低光级条件下最大化能量收获;通过在“按需”基础上选择性地切换每一个逆变器 206 而最大化可靠性;以及在其中一个逆变器 206 发生故障的情况下改道输送功率。

[0083] 在发电和配电领域内,暴露于 600V 或更高的情况受到 NESC 的管制,并且在其中设施可以超出 600V 极限(例如 1000 VDC)的国家中,串联布线的八个或十个太阳能电池板提供比传统并网太阳能系统更高近似 30% 的电压,其转换成较低规格线材尺寸下的更高效率(即与传统的六个串联布线的电池板串所需的情况相比更小至少一个 AWG 铜线尺寸)。此外,其他导体项的容量相对较低/较小,这是因为仅仅需要它们应对较低的电流(即系统材料成本较低并且所经历的电气损耗较低),从而可从系统 10、100、200 产生近似相同的 AC 功率输出(例如 1MW、250KW、125KW 等等),在所述系统中通常提供太阳能电池阵以根据欧姆定律( $P=I \times V$ )产生所设定的功率量。

[0084] 在本发明中,由于逆变器 22、112、206 可以在按需的基础上被接通和关断,因此每一个逆变器 22、112、206 的累计运行时间被大大缩短。举例来说,在俄亥俄州的托莱多之类的地区(在那里有大量阴天和部分多云天气)内,本发明的每一个逆变器 22、112、206 在太阳能电池阵的 20 年使用寿命当中可能仅被利用 7.5 年,这一点与传统太阳能电池阵的逆变器的使用寿命不同,逆变器的使用寿命通常在传统太阳能电池阵的整个使用寿命期间都连续。此外,在本发明中,如果逆变器 22、112、206 发生故障,则剩余的逆变器 22、112、206 将获得输出电流。在传统的太阳能电池阵中,如果一个逆变器存在缺陷,则必须替换该逆变器以便从布线到该特定逆变器的各行收集输出电流。

[0085] 还要知道,一般来说,当逆变器运行在其峰值额定功率下或其峰值额定功率附近的效率最高。对于传统的太阳能电池阵,逆变器仅仅以 10% 的额定功率操作,逆变器可能只有 85% 的效率。在本发明中,当前将被接通的逆变器 22、112、206 将始终在 96% 或更高的

效率下递送能量。

[0086] 在按需的基础上操作逆变器 22、112、206 会降低成本并且导致改进逆变器效率,例如可以在夜间令逆变器离线。此外,级间和逆变器间的变压器不与本发明的逆变器 22、112、206 一起布置,从而导致降低了装备、安装和维护成本。简而言之,本发明导致减少了系统 10、100、200 内的组件,这转换成更高的功率效率。

[0087] 本领域普通技术人员从前面的描述可以很容易确定本发明的实质特性,并且在不背离本发明的精神和范围的情况下可以对本发明做出许多改变和修改,从而将其适配于各种用途和条件。

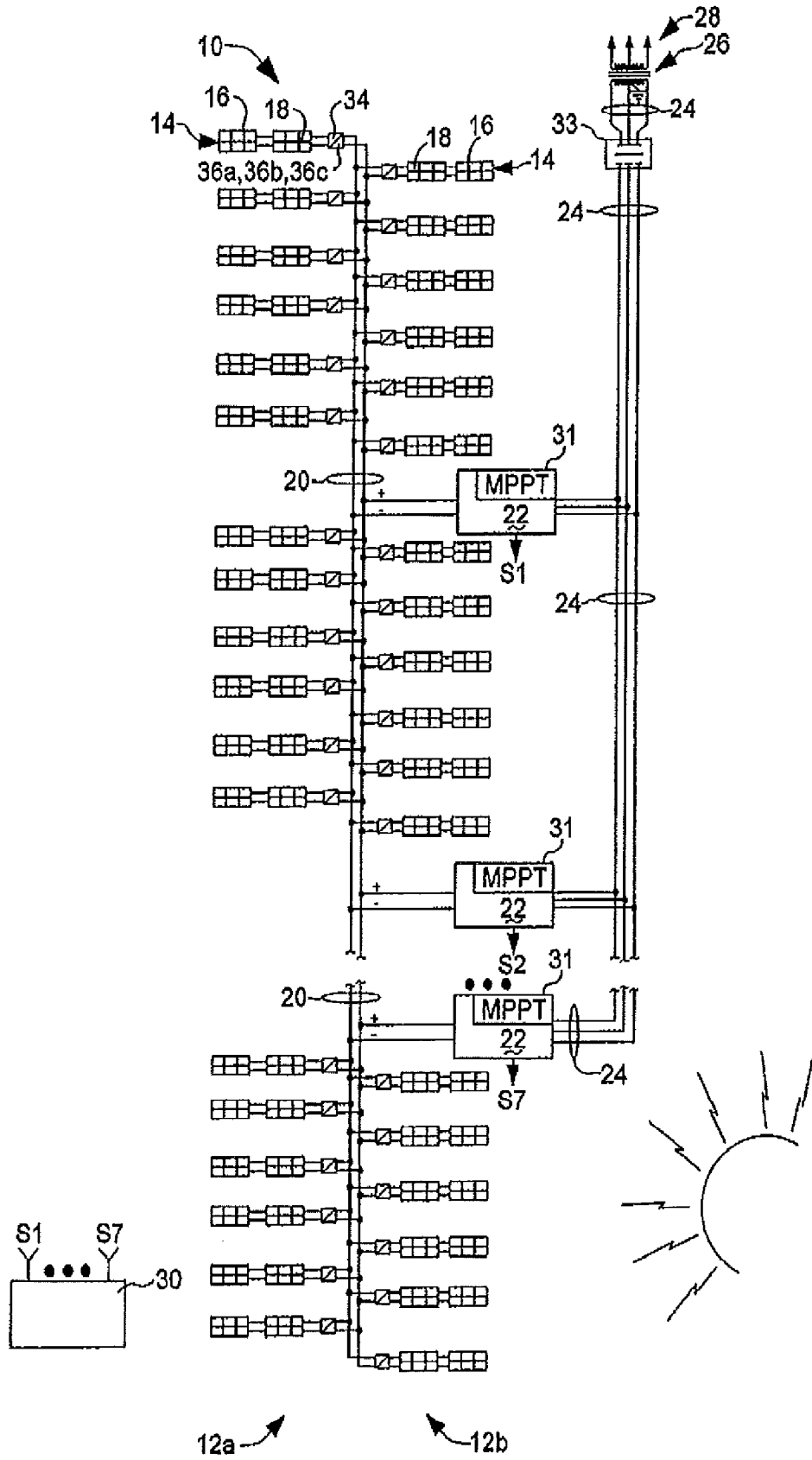


图 1A



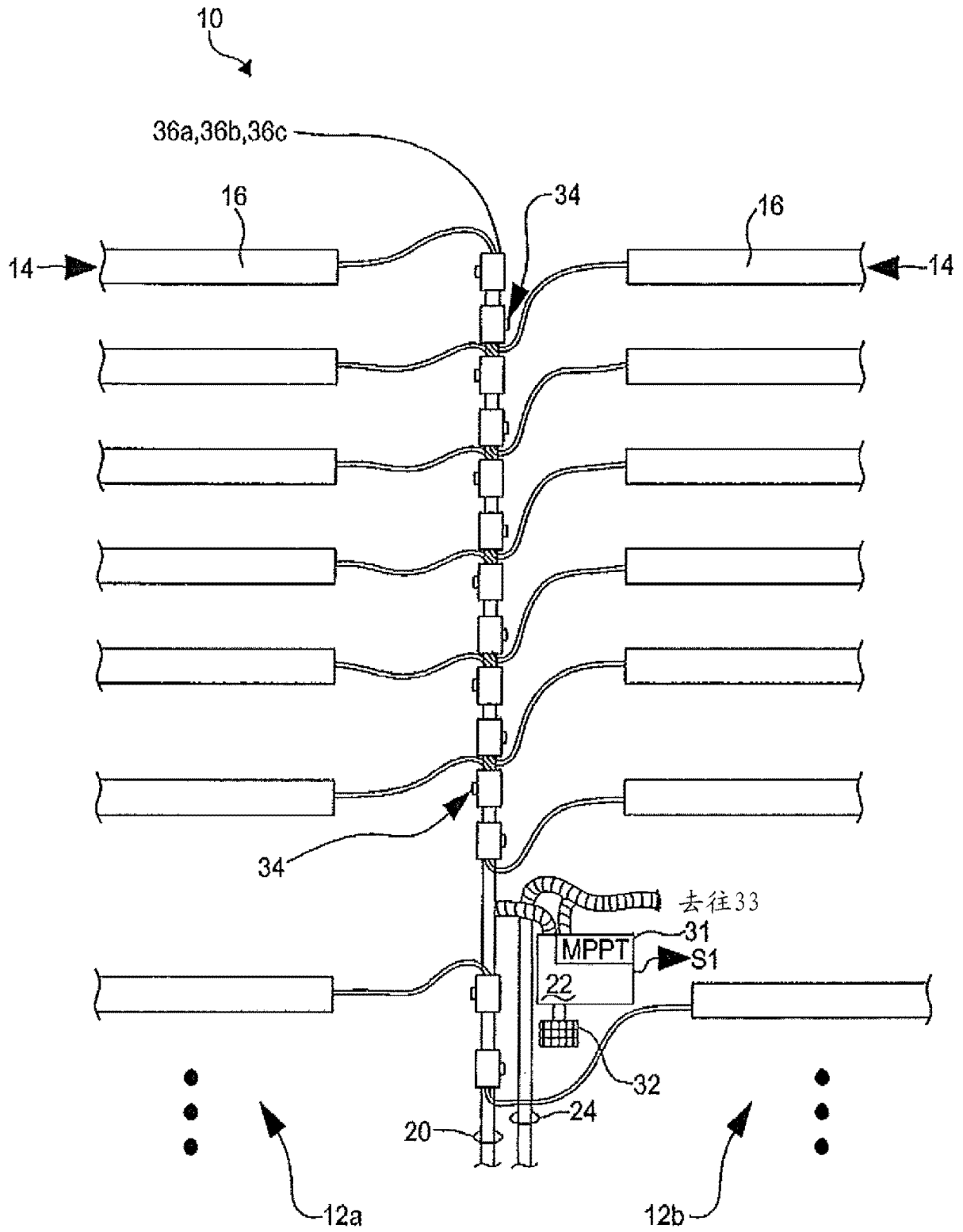


图 1B

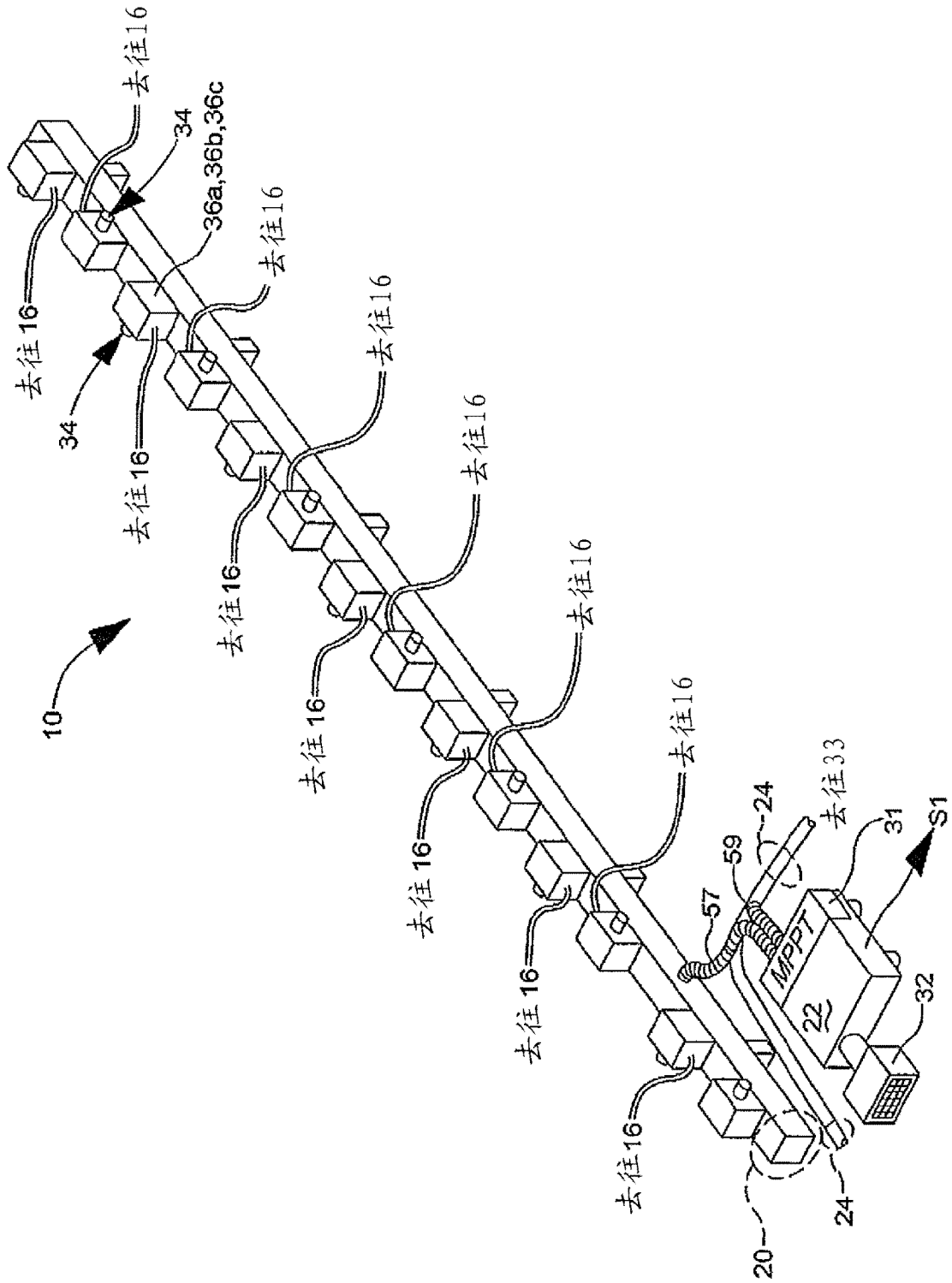


图 1C

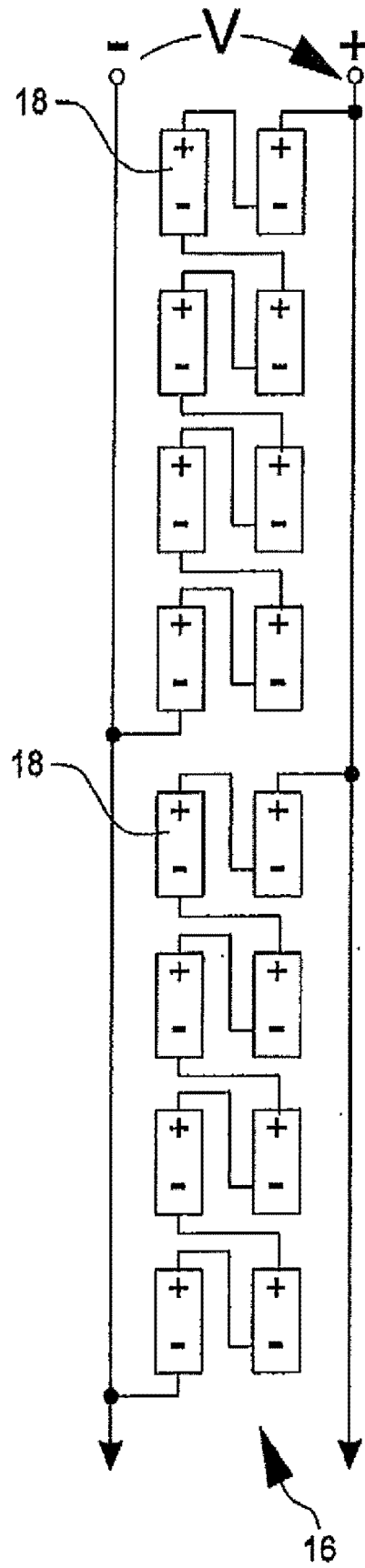


图 2

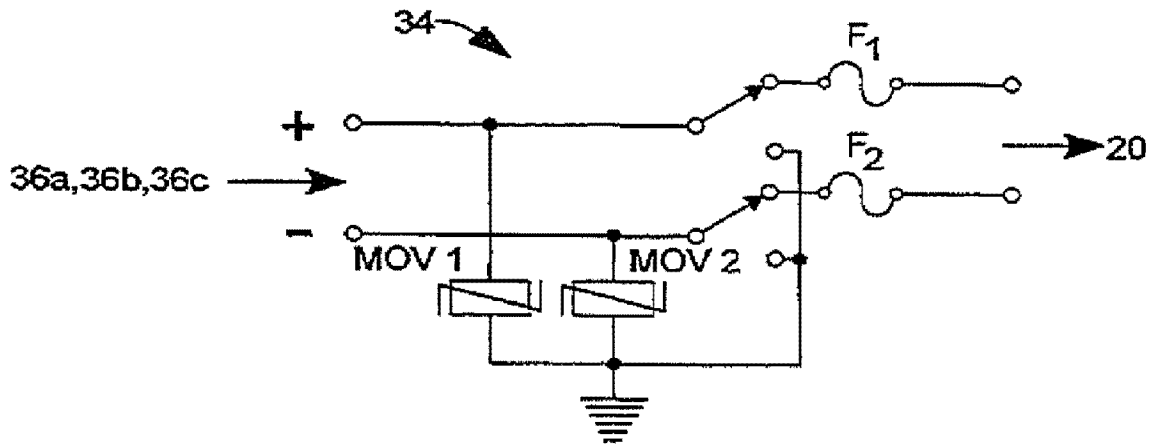


图 3

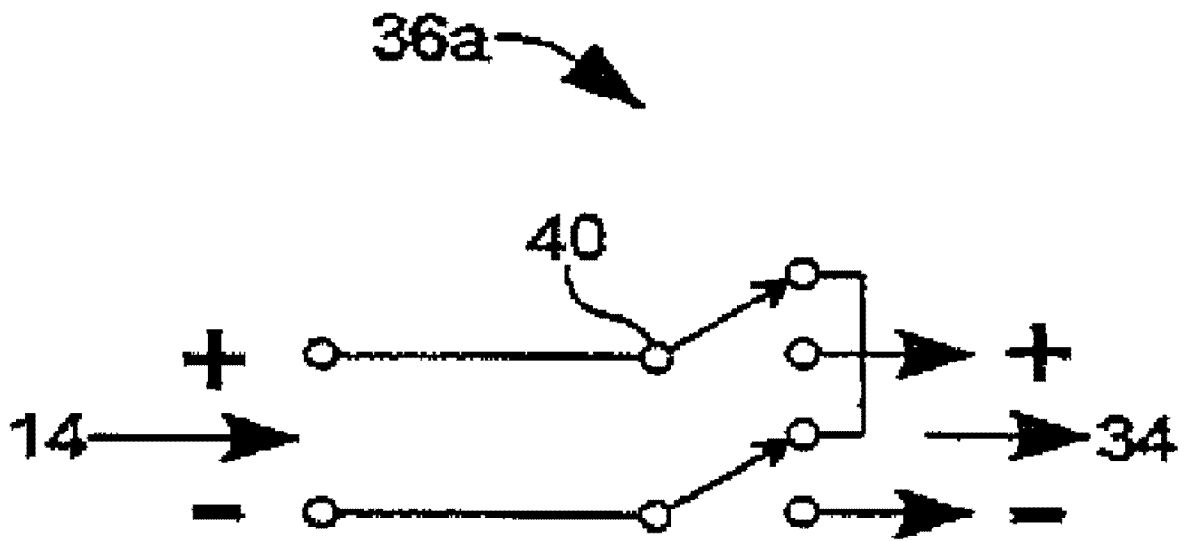


图 4

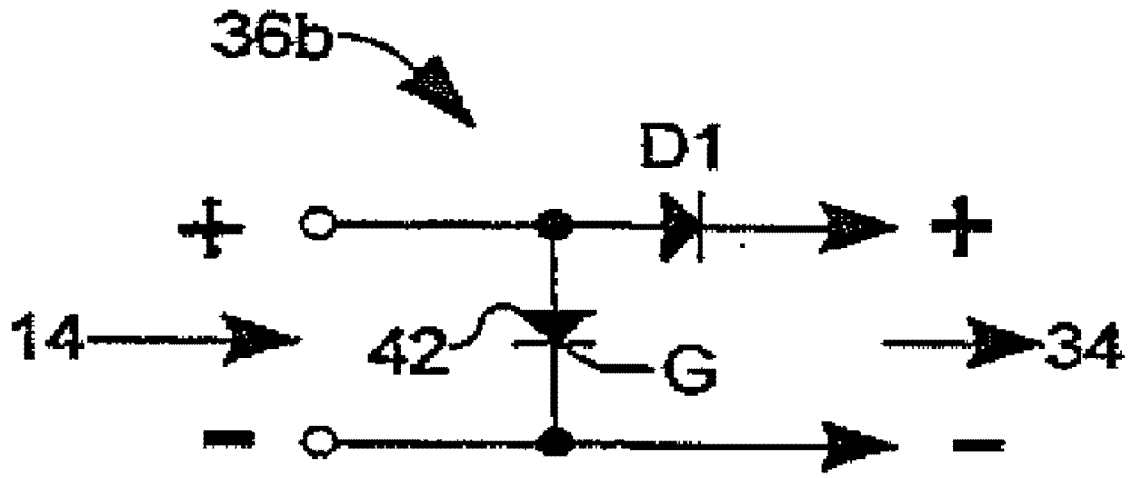


图 5

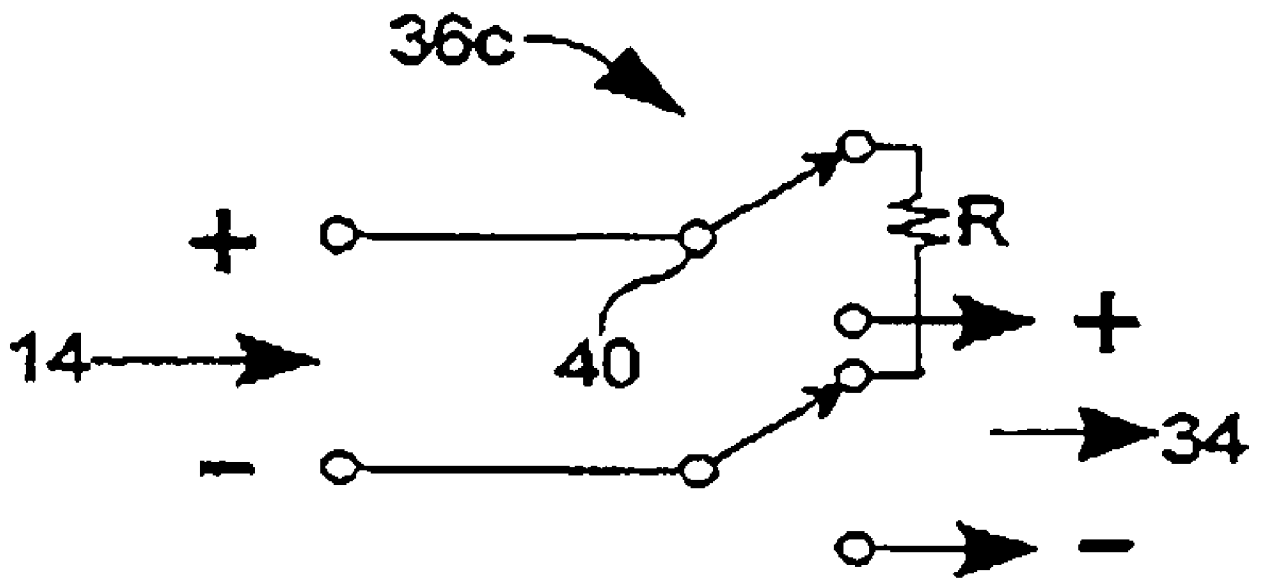


图 6

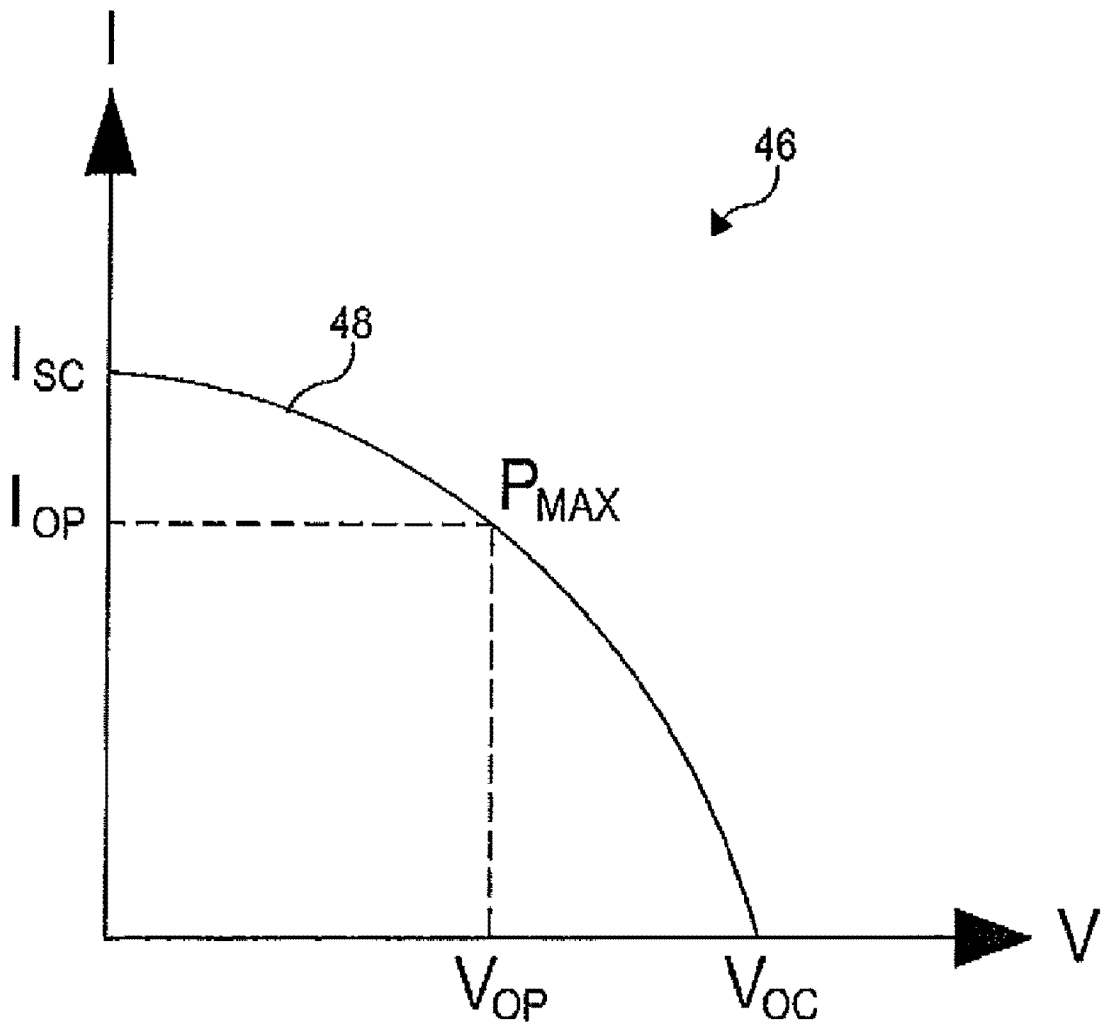


图 7

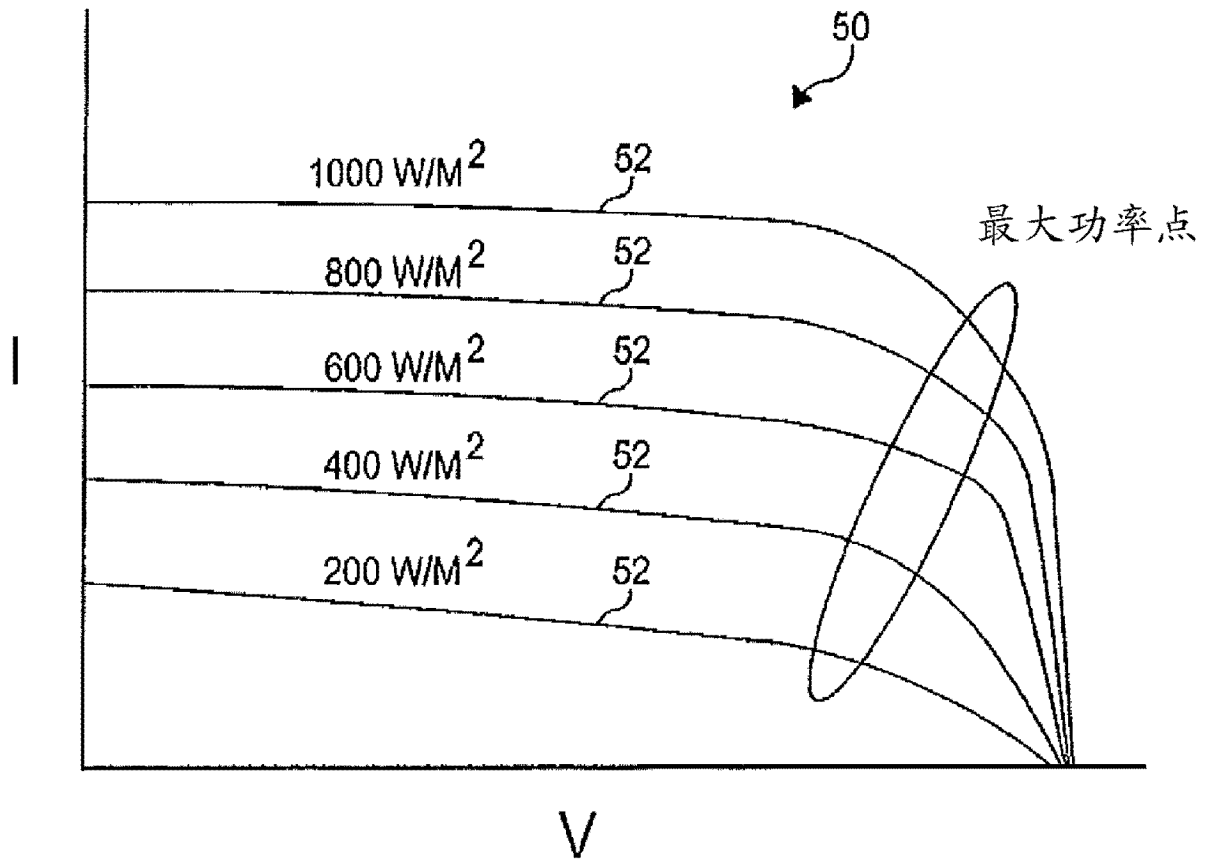


图 8

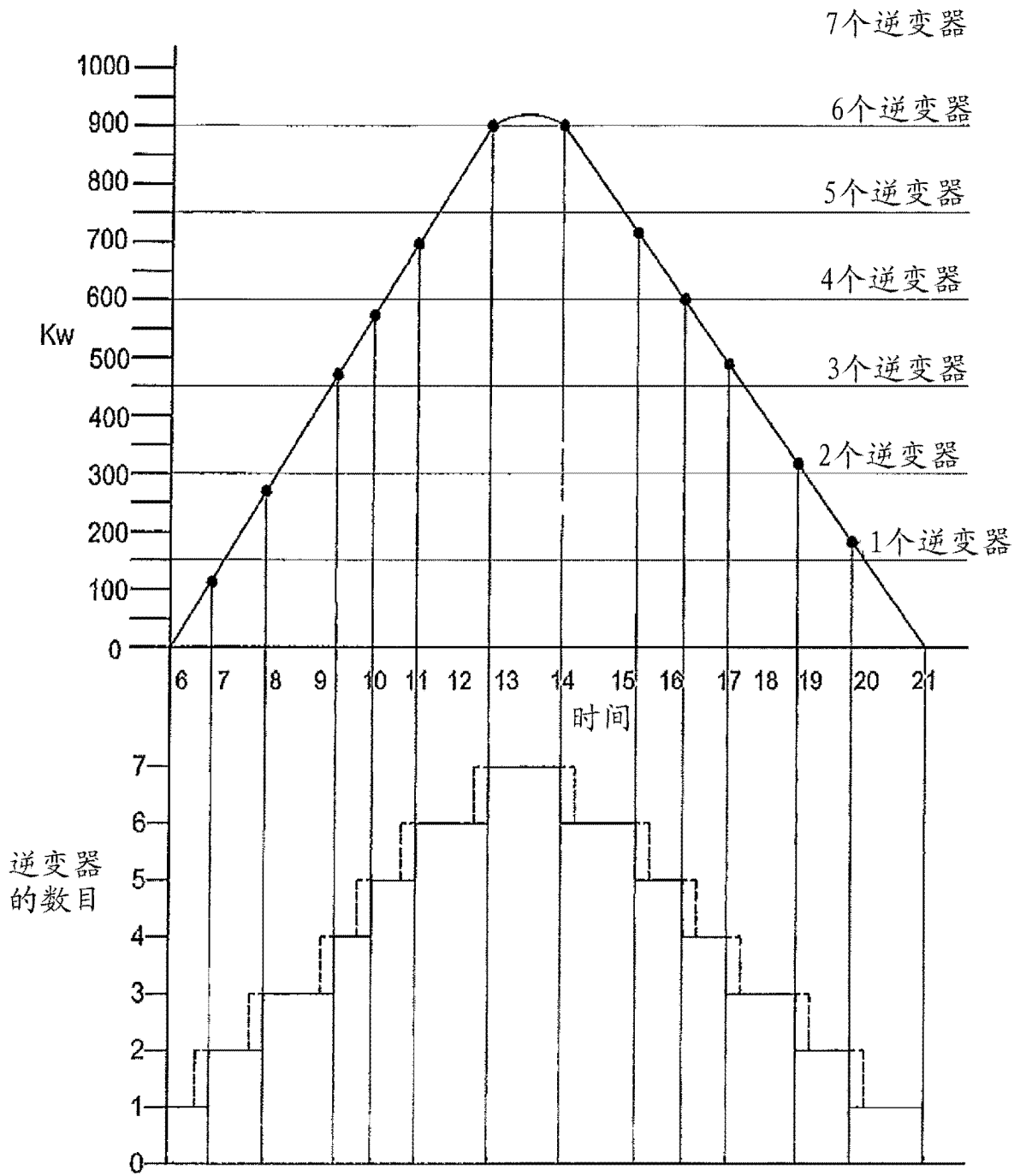


图 9



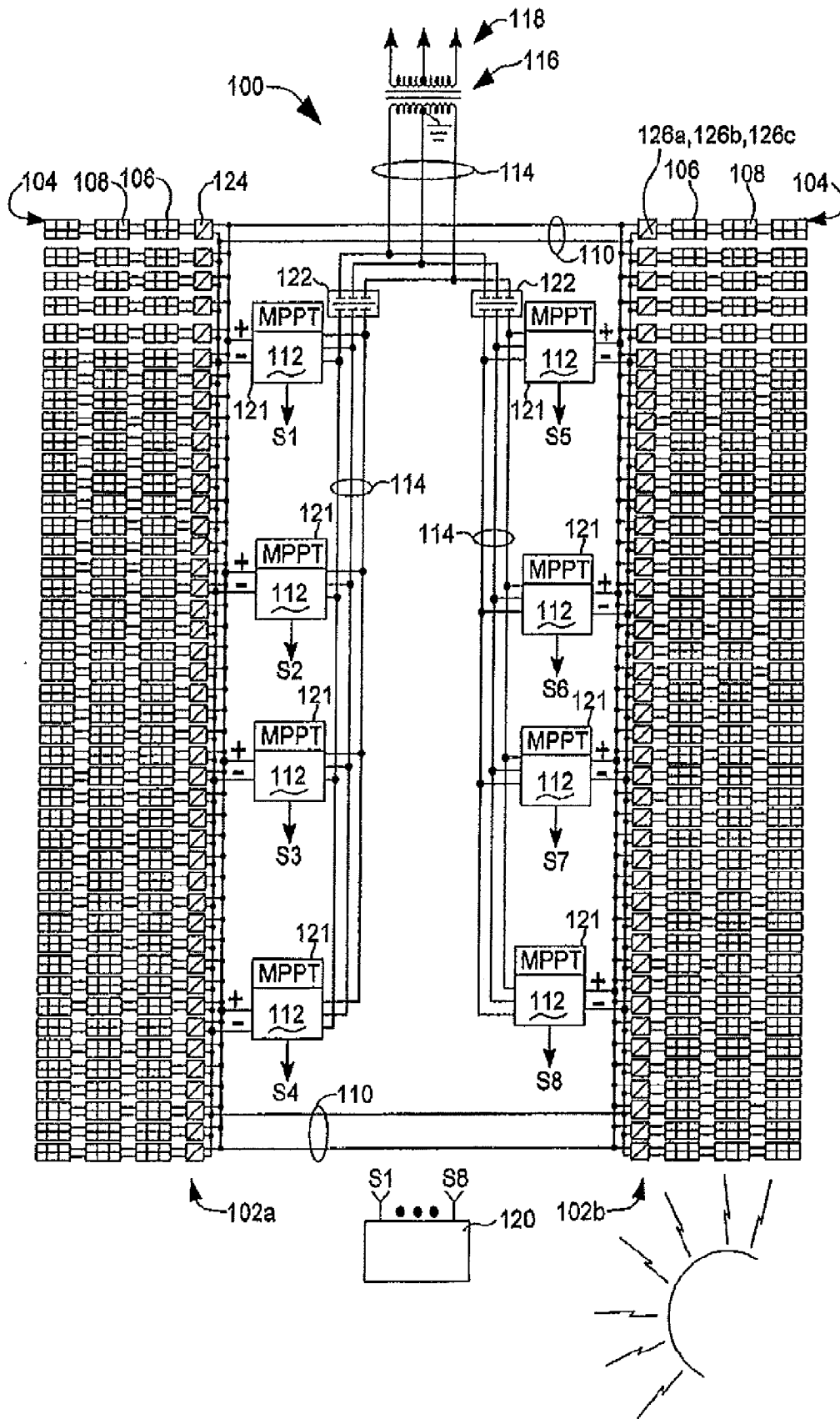


图 10

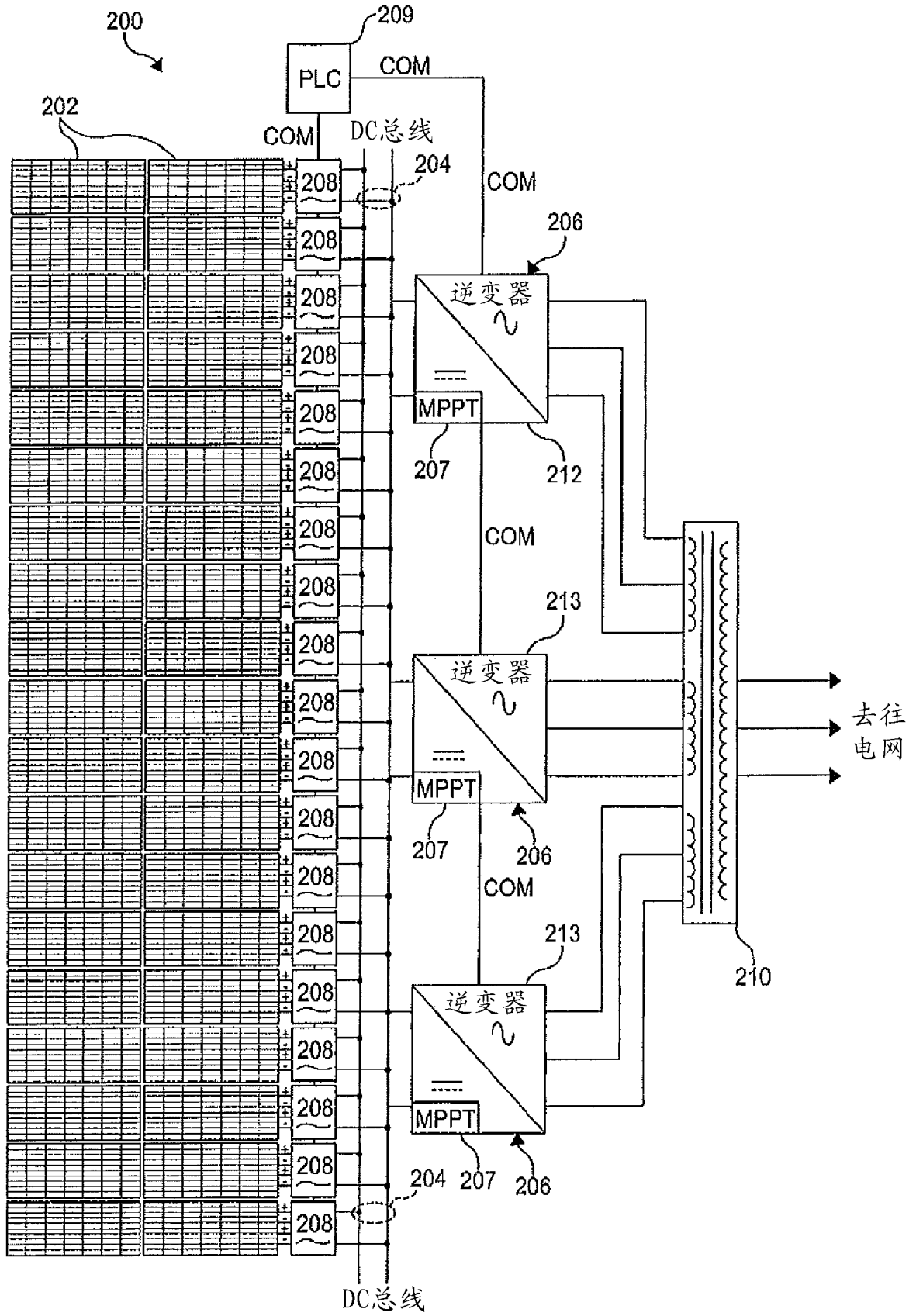


图 11

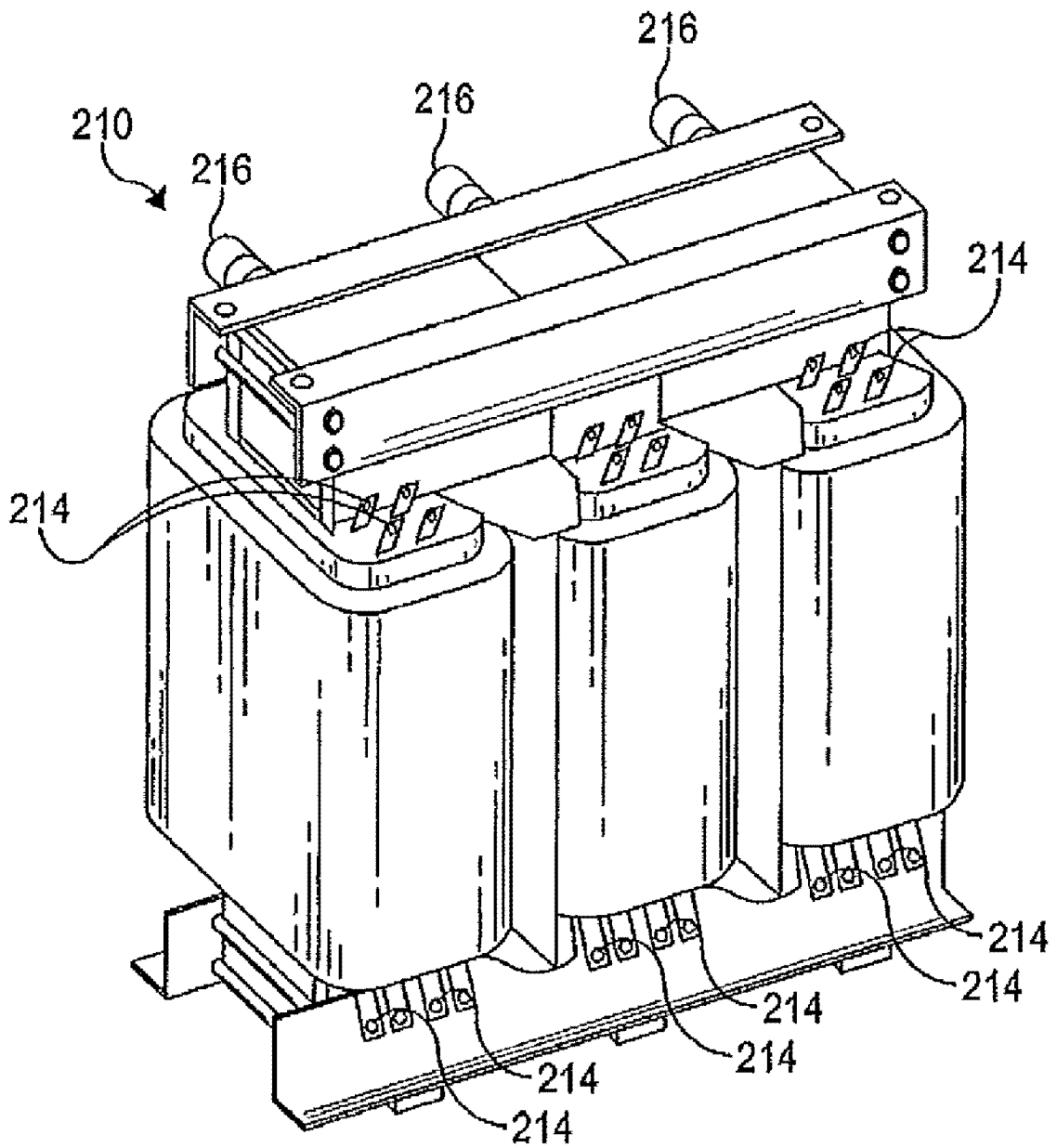


图 12A

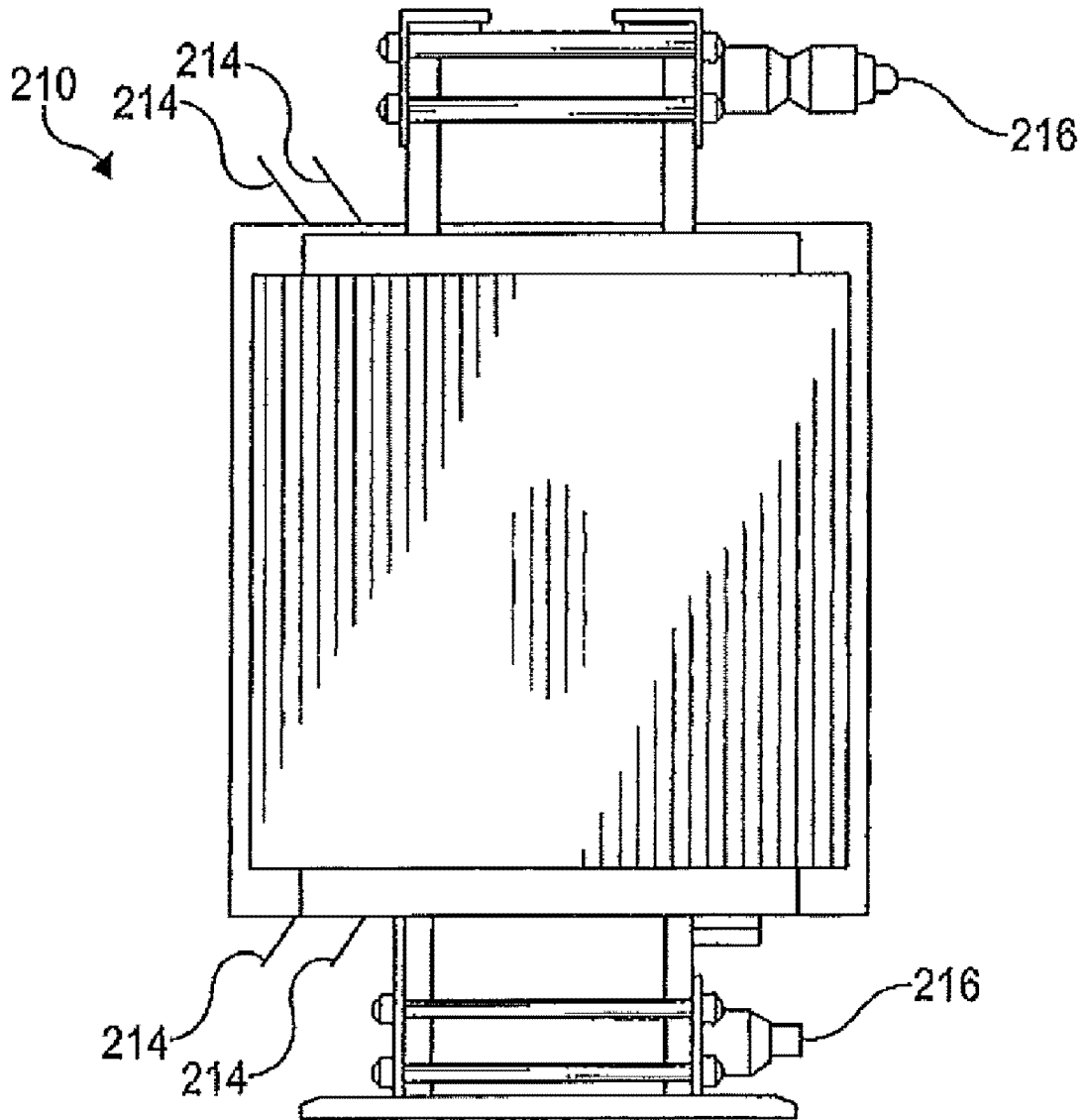


图 12B